# UNTERSUCHUNGEN

VON

# AMALGAMEN.

---

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-ALEXANDERS-UNIVERSITÄT ZU ERLANGEN

VORGELEGT

VON

**J. SCHUMANN.**

---

LEIPZIG,

JOHANN AMBROSIUS BARTH.

1891.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

In der Absicht, die bei der Bildung von Amalgamen auftretenden Wärmetönungen zu bestimmen, und so in das Wesen dieser Körper eine nähere Einsicht zu gewinnen, habe ich eine Reihe fester Amalgame verschiedener Metalle zumeist nach den in Gmelin-Kraut's und Graham-Otto-Michaelis' Handbüchern der Chemie angegebenen Methoden hergestellt und dieselben in Säuren zu lösen versucht. Dieser Process nahm jedoch gewöhnlich so lange Zeit in Anspruch, dass die hierbei stattfindenden Wärmeabgaben an die Umgebung nicht mehr in Rechnung gezogen werden konnten, daher gelang es mir nicht, irgendwie genaue Resultate zu erhalten. Hingegen bemerkte ich, dass die zur Untersuchung bestimmten Amalgame im Laufe der Zeit Veränderungen erfuhren, welche bei den meisten zu einer Krystallbildung führten, während einzelne Amalgame auch von sonst schwer oxydirbaren Metallen an der Luft in Metalloxyde und Quecksilber zerfielen. Um festzustellen, ob diese Erscheinung eine zufällige oder für alle Amalgame gemeinschaftliche sei, wurden von den meisten Metallen Amalgame hergestellt und deren Verhalten unter verschiedenen Umständen beobachtet. Mit einzelnen Amalgamen wurden noch genaue dilatometrische Messungen vorgenommen, welche die Volumenänderungen derselben bei verschiedenen Temperaturen erkennen lassen, sowie eine genauere Einsicht in deren Schmelzungs- und Erstarrungsverhältnisse gewähren. Das Resultat dieser nachstehend aufgeführten Versuche gibt einerseits eine Erklärung der complicirten Erscheinungen, welche bei der Untersuchung der Amalgame stets beobachtet wurden, andererseits lässt es

einen enantiotropen[1]) Charakter dieser Körper vermuthen und dürfte deshalb einen Beitrag zur Erkenntniss der molecularen Structur der Amalgame liefern.

Hrn. Professor Dr. E. Wiedemann, der mich zu dieser Arbeit angeregt und mich während derselben mit Rath und That hülfreich unterstützt hat, sei an dieser Stelle mein bester Dank ausgesprochen.

## I. Bildung und Eigenschaften der festen Amalgame.

### Aluminium.

Zur Herstellung von Aluminiumamalgam verrieb ich nach Böttger 1 Theil Blattaluminium mit 3 Teilen Quecksilberoxyd unter Zusatz von einigen Tropfen Wasser. Es bildet sich hierbei unter heftiger Wärme- und Gasentwickelung Amalgam; dasselbe überzieht sich jedoch sofort an der Luft mit Wärzchen weisser Thonerde.

Aluminiumamalgam erhielt ich auch, indem ich nach Angabe Tissier's Aluminiumblech, welches in Kalilauge getaucht war, mit Quecksilber verrieb.

Baille und Féry[2]) beschreiben ein Aluminiumamalgam, welches krystallisirt und auch bei höherer Temperatur noch das Quecksilber festhält.

Aluminiumamalgam zersetzt Wasser mit Heftigkeit.

### Antimon.

Nach Rudolfi erhält man Antimonamalgam, wenn man 2 Theile Antimon mit wenig Salzsäure und 1 Theil Quecksilber verreibt. Ich erhielt bei Zusatz von Salzsäure Antimonamalgam auf diese Weise in jedem Verhältnisse, wenn ich die Reibschale in siedendes Wasser stellte. Sehr leicht gewann ich ein dickflüssiges, bleiähnliches Antimonamalgam in jedem gewünschten Verhältnisse durch Zusammenreiben von angefeuchtetem Antimonpulver mit weichem Natriumamalgam. Dasselbe gab ausgepresst eine graue, weiche, wenig cohärente

1) Enantiotrop nennt Lehmann die Modificationen eines Körpers, welche durch umkehrbare Umwandlungen infolge Aenderungen der Temperatur charakterisirt sind.

2) Baille und Féry, Ann. de chim. et de phys. (6) **17**. p. 246. 1889.

Masse mit metallischem Glanze und hielt sich ruhig an der Luft aufbewahrt unverändert, zerfiel jedoch in ein feines Pulver und Quecksilber, wenn es lange in Luft oder Wasser gerieben wurde.

Ein auf diese Weise hergestelltes 56,6 proc. Amalgam hatte das specifische Gewicht $s = 7{,}17$, während sich das aus den Componenten berechnete zu $s = 8{,}9$ ergibt.

Auch durch Electrolyse stellte ich Antimonamalgam dar. Es wurde zu diesem Zwecke ein grosses Becherglas mit einer wässerigen Lösung von Antimonchlorid gefüllt und in dasselbe ein Schälchen mit Quecksilber gestellt. Dieses wurde als Kathode einer Batterie von vier Daniellelementen benützt, indem eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre, in welche unten ein Platindraht eingeschmolzen war, die Verbindung desselben mit dem negativen Pole der Batterie bildete. Als Anode wurde hierbei Platin benützt. Nach zwei Tagen war die Lösung in Antimonoxychlorür umgewandelt und zu einer butterartigen Masse erstarrt. Das Quecksilber an der Kathode war mit einer mehr als 1 mm dicken Schicht eines spröden krystallinischen Metalles überzogen, welche auf der dem Quecksilber abgewandten Seite genau die Farbe des Antimons zeigte, während die untere Seite das hellglänzende Aussehen des Quecksilbers hatte. Eine chemische Analyse ergab, dass auch die oberen Theile ziemlich bedeutende Mengen Quecksilber enthielten.

Durch Einbringen von 6 proc. Zinkamalgam in eine concentrirte Lösung von Antimonchlorid erhielt ich gleichfalls Antimonamalgam, aber nur in äusserst geringer Menge. Zudem war dieses noch mit vielen anderen Körpern vermischt, indem sich auch Antimonpulver, Antimonoxychlorür und Quecksilber niederschlug und dabei Zinksalz in Lösung ging.

## Baryum.

Um Baryumamalgam zu erhalten, habe ich 1 proc. Natriumamalgam in eine erhitzte Chlorbaryumlösung gebracht. Das so gewonnene Amalgam bildete in sämischem Leder ausgepresst eine plastische silberhelle glänzende Masse, welche im Laufe der Zeit mit den Fingern gedrückt sich mehr und

mehr körnig anfühlte und sich nach geraumer Zeit in eine sehr harte krystallinische Masse und in ein flüssiges Amalgam umwandelte.

Der Versuch, Baryumamalgam durch Einbringen von 6 proc. Zinkamalgam in eine wässerige Lösung von Chlorbaryum zu gewinnen, gelang nicht. Jedoch erhielt ich nach Bunsen's[1]) Methode Baryumamalgam. Nach dieser wurde Chlorbaryum mit etwas salzsäurehaltigem Wasser zu einem Brei angerührt und in einen Kohlentiegel, der als Anode benutzt wurde, gebracht. Dieser wurde während der Electrolyse, bei welcher ein Platindraht die Kathode bildete, in ein Bad siedenden Wassers gestellt, und hierbei schied sich Baryumamalgam in festen, krystallinischen, silberweissen Krusten ab. Letzteres zersetzte sich jedoch an feuchter Luft bald unter bedeutender Erhitzung und Bildung von Barythydrat bez. Baryumcarbonat.

## Blei.

Bleiamalgam gewann ich durch Electrolyse von Bleinitratlösung. Das so gebildete Amalgam zeigte krystallinisches Gefüge und erstreckte sich von der Kathode bis zur Anode, welch' letztere von einer dicken Schicht von Bleisuperoxyd überzogen wurde.

Am bequemsten stellte ich Bleiamalgam dadurch her, dass ich geschmolzenes Blei in erhitztes Quecksilber goss und die Mischung tüchtig umrührte.

$Hg_2Pb$, welches auf diese Weise hergestellt wurde, fing bei 125° C. an zu erstarren, mit abnehmender Temperatur wurde eine immer grössere Menge fest, eine kleine Quantität flüssigen Amalgams konnte jedoch noch nach Abkühlung auf 30° C. durch Klopfen abgeschieden werden. Das nun vollständig erstarrte Amalgam war 14 Tage später in ein flüssiges und ein krystallisirtes Amalgam umgewandelt, welches letztere nach starker Pressung nahezu die Zusammensetzung HgPb zeigte. Dieses Amalgam enthielt auch nach langedauernder starker Erhitzung noch Spuren von Quecksilber, was auf eine besonders feste Verbindung schliessen lässt.

---

1) Bunsen, Pogg. Ann. **91.** p. 619. 1854.

Direct gebildetes Amalgam von der Zusammensetzung HgPb zerfiel nicht.

Mazotto[1]) hat Bleiamalgam dadurch gebildet, dass er die beiden Componenten auf gleiche Temperatur erhitzte, bei welcher auch das Blei geschmolzen war und dieselben in einander fliessen liess. Er beobachtete bei der Bildung Wärmeabsorption.

## Cadmium.

Cadmium verbindet sich schon in der Kälte mit Quecksilber.

Ich stellte Cadmiumamalgam durch Lösen von Cadmium in erwärmtem Quecksilber oder durch Zusammenschmelzen der beiden Componenten dar. Die so erhaltenen Amalgame zeigten nach ihrer Erstarrung ausnahmslos krystallinische Structur und enthielten viel Luft absorbirt. Nach Stromeyer[2]) erhält man, wenn Quecksilber vollständig mit Cadmium gesättigt wird, ein hartes brüchiges, silberweisses, in Octaëdern anschiessendes Amalgam, das nach der Formel $CdHg_2$ zusammengesetzt ist, bei 75° C. schmilzt und schwerer ist als Quecksilber.

Mir ist es nicht gelungen, dieses Amalgam herzustellen. Ich habe in einer Schale, welche in ein siedendes Wasserbad gestellt war, Cadmium bis zur Sättigung gelöst und erhielt so ein in feinen Nadeln krystallisirtes Amalgam. Das specifische Gewicht desselben wurde nach sorgfältiger Entfernung aller Luftblasen aus dem Innern $s = 12{,}55$, wenn die Luftblasen dagegen nur von der Oberfläche durch Abbürsten entfernt waren, $s = 12{,}05$ gefunden. Wurde dasselbe langsam erwärmt, so fing es zwischen 70° und 80° an, weich zu werden, bei 90° war es breiig, bei 95° geschmolzen und dünnflüssig. Abgekühlt war das Amalgam noch bei 70° eine weiche, feinkörnige Masse.

Ein Cadmiumamalgam, welches in einer verticalen Röhre geschmolzen und hierauf vollkommen ruhig zur Abkühlung gebracht war, zeigte gleich nach seiner Erstarrung mehrere

---

1) Mazotto, Rend. R. Ist. Lomb. 18. p. 19. 1884.
2) Michaelis, Anorg. Chemie 3. p. 1157.

verschieden krystallisirte Schichten. Im Verlaufe der Zeit verschoben sich die Grenzflächen derselben; einzelne Schichten nahmen an Ausdehnung zu, während andere verschwanden und in die Form der benachbarten Schicht übergingen. Nach mehreren Wochen war diese Verschiedenheit verschwunden und in der Röhre befand sich nur noch festes Amalgam von ein und derselben Structur sowie eine geringe Menge flüssigen Amalgams.

## Eisen.

Eisenamalgam gewann ich dadurch, dass ich angefeuchtetes Eisenpulver mit weichem Natriumamalgam verrührte und die erhaltene Masse sorgfältig mit Wasser auswusch. Auch durch Electrolyse einer Lösung von Eisenvitriol erhielt ich Eisenamalgam und zwar je nach der Dauer des Stromes flüssig oder fest. In gleicher Weise gelang es mir auch, solches nach Böttger's[1]) Methode herzustellen, indem ich 2 Theile krystallisirtes Quecksilberchlorid mit 1 Theil Limatura martis innig zusammenrieb und unter stetem Umrühren 2 Theile kalten Wassers hinzufügte, wobei das Ganze in heftiges Sieden gerieth. Hierbei bildet sich Eisenchlorür, Calomel und etwas Eisenamalgam. Fügt man nun in dem Augenblicke, wo die heftige Erhitzung beginnt, noch einige Tropfen Quecksilber hinzu, so entsteht noch mehr Eisenamalgam, das vollkommen rein ist.

Eisenamalgam ist stark magnetisch und krystallinisch. Wird dasselbe gerieben oder erhitzt, so zerfällt es schnell in ein schwarzes Pulver und in Quecksilber; wird es ruhig in atmosphärischer Luft aufbewahrt, so vollzieht sich dieser Zerfall gleichfalls, aber erst in ca. 24 Stunden. Sobald dagegen das Amalgam mit Oel benetzt wird, hält es sich an der Luft ohne Veränderung. Amalgam, welches in eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Glasröhre eingeschmolzen war, bedeckte sich nur an der Oberfläche mit schwarzem Pulver; Eisenamalgam in eine mit Wasserstoff gefüllte Röhre eingeschmolzen behielt unverändert seine silberglänzende Oberfläche.

Der Zerfall ist also eine Folge der Einwirkung des Sauerstoffs.

---

1) Böttger, Pogg. Ann. **101.** p. 10. 1857.

## Kalium.

Kaliumamalgam erhielt ich durch Eindrücken von Kaliumstückchen in Quecksilber. Die Amalgambildung vollzieht sich unter einer intensiven Feuererscheinung, wobei man sich gegen das Spritzen von Theilchen und die Quecksilberdämpfe dadurch schützen muss, dass man den Tiegel mit einem Schirm zudeckt und durch diesen das Pistill steckt. Ausserdem erhielt ich Kaliumamalgam, indem ich Quecksilber in geschmolzenes Kalium eingoss, ferner auch durch Electrolyse von Kalilauge, sowie noch durch Einbringen von Natriumamalgam in Kalilauge, wobei die Alkalimetalle nach längerer Zeit ihre Stellen auswechseln.

Kaliumamalgam wird schon bei sehr geringem Gehalte an Kalium fest und zeigt je nach seiner Zusammensetzung verschiedene Krystallformen und verschiedene Härtegrade.

Nach den Untersuchungen von Merz und Weith[1]) verlieren Kalium- und Natriumamalgame bei ihrer Erhitzung das Quecksilber sehr schwer sogar bei der Temperatur des siedenden Schwefels, und in einem Gasstrome verflüchtigt sich dasselbe nur äusserst langsam, während andere Amalgame ihr Quecksilber ganz oder doch bis auf ganz geringe Mengen bei oder noch unter der Temperatur des siedenden Quecksilbers verlieren. Bezüglich des Schmelzpunktes der Alkaliamalgame fanden sie, dass derselbe erst mit zunehmendem Alkaligehalte rasch steigt, bei weiterem Zusatze aber wieder fällt. Nach ihrer Beobachtung schmelzen die Amalgame fast alle sehr verzögert, die Amalgamtheilchen verlieren ihren scharfen Rand, stossen flüssige Theile aus, tropfen ab und hinterlassen eine feste, oft harte Substanz, welche in der Regel erst bei viel höherer Temperatur flüssig wird. Auch die Art der Erhitzung, ob langsam oder rasch, ist auf die Schmelzungsverhältnisse von Einfluss. Merz und Weith halten die Amalgame des Kaliums uud Natriums für verschiedene Verbindungen, von denen keine dauerhaften Bestand hat. Wiederkehrende feste Zusammensetzungsverhältnisse konnten sie unter ihnen nicht finden. Diese Beobachtungen fand ich sämmtlich genau zutreffend.

---

1) Merz und Weith, Berichte der chemischen Gesellsch. in Berlin. **14.** p. 1438. 1881.

Berthelot[1]) hat die Bildungswärme von Kalium- und Natriumamalgam bestimmt. Er löste diese Amalgame in verdünnten Säuren und verglich die hervortretende Wärmeentwickelung mit der, welche sich aus der Lösung der reinen Metalle mit demselben Reagens ergibt. Nach seinen Beobachtungen strebt die Bildungswärme mit steigendem Zuwachse an fremdem Metalle einem Maximum zu, welches für Kalium bei 2 Proc. und für Natrium bei 2,47 Proc. erreicht wird. Er fand auch, dass Natrium- und Kaliumamalgame sich gegen Wasser entgegengesetzt verhalten, wie die reinen Alkalimetalle. Während Kalium mehr Wärme entwickelt bei seiner Einwirkung auf Wasser als Natrium, entwickelt hierbei flüssiges Natriumamalgam mehr Wärme als flüssiges Kaliumamalgam, woraus sich erklärt, dass in Kalilauge das Kalium durch das Natrium ersetzt wird und Natriumamalgam entsteht. Die Vereinigung der ersten Aequivalente Kalium und Natrium mit Quecksilber hat eine grössere Wärmetönung zur Folge als die der späteren. Die flüssigen Amalgame scheinen nur Lösungen der krystallisirten Amalgame im Ueberschusse des Quecksilbers zu sein, welche unter Wärmeabsorption sich gebildet haben.

## Kobalt.

Um Kobaltamalgam herzustellen, brachte ich 1 Proc. Natriumamalgam in eine concentrirte Lösung von Kobaltchlorür, hierbei schied sich Kobaltoxydulhydrat aus, wobei die Flüssigkeit zu einem violetten Brei wurde. Nach 4 Wochen fand sich neben silberglänzendem, dickflüssigen Amalgame auch sehr hartes, krystallisirtes von dunkler Farbe. Letzteres wurde vom Magneten stark angezogen, hielt sich, auch wenn es gerieben wurde, unverändert an der Luft, zersetzte, wenn auch langsam Wasser und war im Quecksilber unlöslich. Das flüssige Amalgam, welches sich in seiner Begleitung fand, zersetzte gleichfalls Wasser, zerfiel aber an der Luft aufbewahrt um so schneller in schwarzes Pulver und Quecksilber, je stärker es ausgepresst wurde und zeigte sich, wie zu erwarten um so weniger magnetisch, je mehr es Quecksilber enthielt. Ein unter Luftabschluss aufbewahrtes Kobaltamalgam war Wochen lang

1) Berthelot, Beibl. **3.** p. 590. 1879.

eine breiige Masse, welche sich beim Zerdrücken mit dem Finger vollkommen weich anfühlte. Nach längerer Zeit fühlte sich die Masse körnig an und nach monatelangem ruhigen Stehenlassen bildeten sich unter Ausscheidung von Quecksilber deutlich sichtbare Krystalle. Kobaltamalgam gewann ich ferner noch dadurch, dass ich eine wässrige Kobaltchloridlösung über Zinkamalgam von der Zusammensetzung 1 Theil Zn auf 6 Theile Hg goss und die Flüssigkeit jedes Mal wieder erneuerte, so oft sie entfärbt war. Nach einigen Wochen hatte sich das Zinkamalgam in zinkhaltiges Kobaltamalgam verwandelt, aus welchem das Zink schliesslich durch gelindes Erwärmen in verdünnter Schwefelsäure ausgezogen wurde.

Schliesslich erhielt ich noch Kobaltamalgam durch Electrolyse einer Kobaltchloridlösung mit einem von 4 Daniellelementen gelieferten Strom, wobei Quecksilber als Kathode und Platin als Anode benutzt wurde. Das auf diese Weise in 48 Stunden gewonnene Amalgam war silberweiss, fest und brüchig; 295 mg hiervon im Wasserstoffstrome erhitzt hinterliessen 24 mg Kobalt, woraus sich eine Zusammensetzung $Co_3Hg_{10}$ ergibt. Nach 24 Stunden war dasselbe in ein schwarzes Pulver von Kobaltoxyd und in Quecksilber zerfallen, während es bei Luftabschluss beständig war.

## Kupfer.

Kupferamalgam erhielt ich dadurch, dass ich 1 Proc. Natriumamalgam in Kupfervitriollösung brachte und die gewonnene Masse sorgfältig auswusch.

Ferner gelang es mir durch Electrolyse von Kupfervitriollösung Kupferamalgam und zwar in weissen verästelten Krystallen herzustellen.

Dagegen konnte ich weder nach der Methode von Lewis durch Zusammenreiben von Grünspan und Quecksilber, noch nach der von Boyle durch Zusammenreiben von 2 Theilen Quecksilber, 2,5 Theilen Grünspan und 1 Theil Kochsalz mit etwas erwärmtem Essig Kupferamalgam erhalten.

Am bequemsten erhielt ich solches dadurch, dass ich in ein grosses Becherglas Kupfervitriollösung und reines Quecksilber goss und in letzteres ein Stück Eisenblech stellte. Das hierbei gefällte Kupfer verbindet sich mit dem Quecksilber zu

Kupferamalgam. Wird die Kupferlösung jedes Mal erneuert, so oft das Kupfer ausgeschieden ist, so erhält man ein sehr kupferreiches Amalgam. Dasselbe muss dann noch tüchtig ausgewaschen und von Eisenvitriol und Oxyden des Eisens sorgfältig gereinigt werden. Letzteres geschah durch Verdünnen mit Quecksilber, Schütteln mit gestossenem Zucker und darauffolgendes Abfiltriren. Das so erhaltene Amalgam ist eine silberweiche Masse von butterweicher Consistenz, die durch starkes Reiben, wodurch die Krystallkeime zerstört werden, beliebig lange plastisch erhalten werden kann. Wird sie sich ruhig überlassen, so erhärtet die Masse in kürzerer oder längerer Zeit, je nachdem sie mehr oder weniger von Quecksilber durch Pressen in sämischem Leder befreit wurde. Das stark ausgepresste Amalgam wird hierbei härter als Bein und überzieht sich mit der Zeit an der Oberfläche mit einer grünlichgrauen Schicht ohne Metallglanz. Beim Erwärmen treten, bevor das Amalgam schmilzt, Quecksilbertropfen an die Oberfläche; wird es sehr rasch erhitzt, so ist letztere Erscheinung öfters von heftigem Knalle begleitet. Schon ehe das Amalgam freiwillig zum Schmelzen gelangt, kann es durch Reiben wieder weich gemacht werden. Diese Thatsachen lassen erkennen, dass bei der Erhärtung Kupferamalgam aus der plastischen Masse herauskrystallisirt und die Krystalle flüssiges Amalgam (Mutterlauge) umschliessen. Bei raschem Erhitzen dehnt sich letzteres stärker als die Krystalle aus und sprengt die umschliessenden Krystallhüllen unter heftigem Knalle. Die im Schmelzen begriffenen Krystalle werden durch Reiben schneller in den flüssigen Zustand übergeführt.

### Magnesium.

Magnesiumamalgam erhielt ich dadurch, dass ich Magnesium und Quecksilber zusammen erhitzte; die Amalgambildung vollzieht sich hierbei unter heftigem Zischen und starker Entwicklung von Quecksilberdämpfen.

Ferner gewann ich Magnesiumamalgam auch dadurch, dass ich Natriumamalgam mit Magnesiumsulfatlösung übergoss. Dieses Amalgam ist fest, selbst wenn es grosse Mengen Quecksilber enthält. Es überzieht sich an der Luft sogleich mit Oxyden und theilt sich zugleich in eine dunkelfarbige erdige

Masse und in ein flüssiges Amalgam. Alle diese Amalgamformen zersetzen stürmisch Wasser, indem Magnesiumoxyd resp. Magnesiumhydrat und Quecksilber entsteht. Letztere Zersetzung vollzieht sich auch langsam bei Einwirkung feuchter Luft auf die Amalgame.

### Mangan.

Manganamalgam erhielt ich durch Uebergiessen von Natriumamalgam mit einer Lösung von Manganchlorür, sowie durch Electrolyse einer solchen Lösung durch einen Strom von 4 Daniellelementen. Das Amalgam wurde als dickflüssige Masse erhalten, welche von Quecksilber abgepresst silberweiss und noch weich war. An der Luft zersetzt es sich in pulverförmige Oxyde und Quecksilber. Durch Reiben wird dieser Zerfall beschleunigt.

### Natrium.

Natriumamalgam stellte ich her, indem ich Natriumstückchen in Quecksilber drückte. Die Amalgambildung erfolgt unter Zischen, starker Feuererscheinung und heftiger Quecksilberdampfentwicklung. Gegen die herumgespritzten Theilchen schützt man sich in gleicher Weise, wie dies bei der Bildung von Kaliumamalgam angegeben wurde. Ferner erhielt ich Natriumamalgam dadurch, dass ich Natrium unter Steinöl schmolz und Quecksilber hinzugoss. Hierbei entwickelt sich beim Vereinigen der ersten Aequivalente beider Metalle so viel Wärme, dass regelmässig das Oel zu brennen anfängt. Das später hinzugegossene Quecksilber verursacht geringere Wärmeentwicklung. Die Natriumamalgame sind je nach ihrer Zusammensetzung weich oder hart, manche in so hohem Grade, dass sie kaum mit der Feile in Pulver verwandelt werden können; die harten Amalgame sind sämmtlich krystallinisch. 1 Proc. Natriumamalgam zersetzt die Chloride der meisten Metalle und bildet mit den letzteren Amalgame. Auch verbindet es sich mit angefeuchteten Metallpulvern zusammengerieben zu Amalgamen.

Ein in einer verticalen Röhre geschmolzenes und dann langsam abgekühltes Natriumamalgam zeigte anfangs nach seiner Erstarrung vier verschiedene Schichten, von denen eine aus längeren dicken, prismatischen Nadeln gebildet war, wäh-

rend die übrigen feinere Nadeln oder körniges Gefüge zeigten. Die erste krystallisirte Schichte, welche die Zusammensetzung $Na_2Hg_{10}$ hatte, nahm im Verlaufe der Zeit an Ausdehnung stets zu und nach einem halben Jahre war die ganze Masse in der Röhre in grössere Prismen von durchaus gleicher Form umgewandelt, während zugleich eine kleinere Menge flüssiges Amalgam ausgeschieden war.

*Natriumamalgam tritt unmittelbar nach seiner Bildung in verschiedenen labilen Formen auf, welche erst nach langer Zeit sich in einen Körper von stabiler Form umwandeln.*

Dadurch erklärt sich ohne weiteres die von Grimaldi[1]) constatirte Thatsache, dass sich selbst überlassenes Natriumamalgam seinen electrischen Widerstand mit der Zeit ändert, sowie auch, dass Amalgame dieses Metalles von gleicher Zusammensetzung, aber auf verschiedene Arten gebildet, verschiedenen Widerstand zeigen. Was den Schmelzpunkt der Natriumamalgame betrifft, so sei vor allem auf die unter Kaliumamalgam angeführten Untersuchungen von Merz und Weith verwiesen. Die Angaben daselbst fand ich auch für Natriumamalgame vollkommen bestätigt. Während ein 1,8 Proc. Amalgam bei 50° und ein 3,4 Proc. bei 155° vollständig flüssig waren, war ein 4,8 Proc. bei 270° noch nicht geschmolzen, dagegen war ein 15 Proc. schon bei 130° flüssig.

## Nickel.

Nickelamalgam erhielt ich durch Electrolyse einer wässrigen Lösung von Nickelchlorür, sowie durch Fällung von Nickel aus solcher Lösung durch Zinkamalgam von der Zusammensetzung 1 Theil Zn, 6 Theile Hg. Nachdem dasselbe ausgewaschen und in sämischem Leder ausgepresst war, bildete es eine wenig cohärente, brüchige, glanzlose Masse von grauer Farbe, welche der Magnet nicht anzog. Nach 3 Tagen war das Amalgam an der Luft in Quecksilber, Nickel und in Oxyde des Nickels zerfallen.

## Platin.

Platinamalgam erhielt ich sehr einfach, indem ich angefeuchteten Platinmohr mit weichem Natriumamalgam verrieb.

1) Grimaldi, Beibl. 12. p. 60. 1888.

Dadurch wurden die Platintheilchen mit Quecksilber angequickt. Nachdem hierzu reines Quecksilber gesetzt und die Substanz längere Zeit verrieben wurde, entstand eine butterweiche Masse von silberhellem Glanze, welche in Leder ausgepresst eine weisse plastische Masse hinterliess, die sich in Wasser und Luft als vollkommen beständig erwies. Dieses Platinamalgam enthielt sehr viel Gas absorbirt. Wurde es unter Wasser erhitzt, so schwoll es unter Abgabe von Gas auf und zeigte, nachdem es wieder abgekühlt war, das Aussehen von Bimsstein. 7,9 Proc. Platinamalgam, welches ohne Luftabschluss gebildet war, hatte das spec. Gew. 10,386; nachdem es unter Wasser ausgekocht, abgekült und geknetet war, hatte es das spec. Gew. 12,178 (berechnet 13,99).

### Silber.

Silberamalgam, welches sich auch in der Natur in verschiedenen Zusammensetzungen krystallisirt findet, erhielt ich dadurch, dass ich in eine nicht allzu concentrirte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd etwas Quecksilber goss. Ein Theil des letzteren verband sich mit reducirtem Silber zu krystallisirtem Amalgam und bildete den Silberbaum (arbor Dianae). Ebenso erhielt ich durch Electrolyse dieser Lösung krystallisirtes Amalgam. Je nach der Dauer ihrer Bildung hatten die Krystalle verschiedene Zusammensetzung.

### Wismuth.

Wismuthamalgam erhielt ich durch Lösen von Wismuthstückchen in erwärmtem Quecksilber. Ferner gewann ich Wismuthamalgam dadurch, dass ich Natriumamalgam mit Wismuthnitrat übergoss. Es bildete sich auf diese Weise dickflüssiges Amalgam unter Abscheidung von schwarzem, pulverförmigen Wismuth. An der Luft aufbewahrt wurde das anfangs durchaus weiche Amalgam allmählich körnig krystallinisch.

### Zink.

Zinkamalgam erhielt ich durch Auflösen von Zinkstückchen in erwärmtem Quecksilber, sowie durch Zusammenschmelzen beider Componenten.

Erstarrt zeigten die Zinkamalgame stets krystallinisches

Aussehen. Ein mit pulverisirtem Zink hergestelltes Amalgam hat in nicht unbedeutendem Grade Wasser zersetzt.

Nach Mazotto findet die Amalgambildung stets unter Wärmeabsorption statt.

### Zinn.

Zinnamalgam stellte ich dar durch Eindrücken von Stanniol oder durch Eingiessen von geschmolzenem Zinn in Quecksilber. Ferner erhielt ich dickflüssiges Zinnamalgam auch, indem ich Natriumamalgam mit einer wässrigen Lösung von Zinnchlorid übergoss. Weiches Zinnamalgam verwandelte sich in kurzer Zeit in ein breiartiges, körniges Gemenge; festes Zinnamalgam zeigte stets krystallinisches Aussehen.

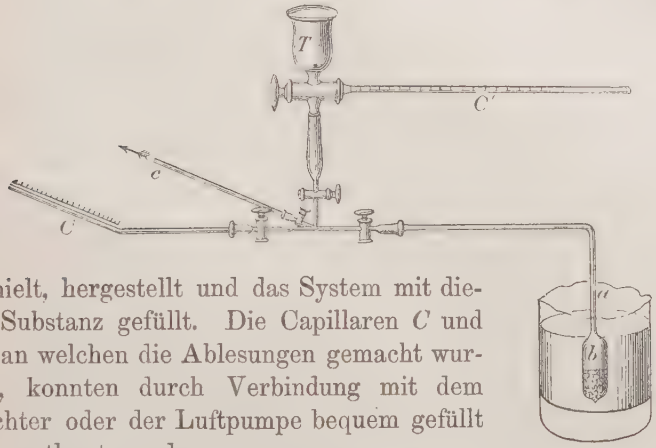
## II. Volumenveränderungen verschiedener Amalgame bei ihrer Erwärmung und Abkühlung.

Zu diesen Untersuchungen wurde die dilatometrische Methode benützt, welche Hr. Professor E. Wiedemann zum Studium der Volumenänderungen einer Reihe fester Salze angewendet hat.

Das Dilatometer (hergestellt von Hrn. Götze in Leipzig) bestand aus drei rechtwinkelig verbundenen Capillarröhren, von denen zwei in eine Horizontalebene und die dritte in verticale Stellung gebracht waren. Eine der ersteren trug an ihren beiden Enden Glasschliffe mit Capillaransätzen; an den einen Ansatz wurde eine $1^1/_2$ m lange Capillare $C$ geschmolzen und hinter diese ein in Millimeter getheilter Maassstab gehängt. An den anderen Ansatz wurde eine zweite rechtwinkelig gebogene Capillare $a$ geschmolzen, welche in einer weiteren, das Amalgam enthaltenden Glasröhre $b$ endigte. Letztere hing in einem eisernen, 3 l Bakuöl enthaltenden Topfe, welcher durch Gasflammen auf eine bestimmte Temperatur erwärmt wurde. Die zweite horizontale Capillare $c$ wurde mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung gebracht, während die verticale Capillare an ihrem oberen Ende einen Trichter $T$ trug. Letztere war ausserdem noch mit einem horizontalen Schliff versehen, in welchen eine zweite längere Capillare $C'$ gesteckt war, die durch Drehung des Hahnes mit dem Apparate in Verbindung gesetzt werden konnte. Sie war enger als $C$ und

diente zur Ablesung, wenn sehr kleine Volumenänderungen des Amalgams beobachtet werden sollten. Die sämmtlichen Dilatometertheile konnten durch Hähne beliebig verbunden oder getrennt werden.

Zunächst wurde die Röhre $b$, welche das Untersuchungsobject enthielt, mit der Luftpumpe in Verbindung gesetzt und das System unter Erwärmung des Amalgams auf ca. 150° durch lange andauernde Verbindung mit dem Vacuum von Luft befreit. Die starke Erwärmung war unerlässlich, da die Amalgame sehr viel Luft absorbiert enthielten, welche beim Erwärmen entwich und, wenn sie nicht entfernt worden wäre, die Beobachtungsresultate unrichtig machte. Hierauf wurde die Verbindung mit dem Trichter, welcher flüssiges Paraffin




enthielt, hergestellt und das System mit dieser Substanz gefüllt. Die Capillaren $C$ und $C'$, an welchen die Ablesungen gemacht wurden, konnten durch Verbindung mit dem Trichter oder der Luftpumpe bequem gefüllt oder entleert werden.

Durch Abwiegen eines Quecksilberfadens ergab sich das Volumen für 1 mm in der Capillaren $C = 0{,}60$ cmm, in der Capillaren $C' = 0{,}29$ cmm. Die Ablesungen wurden bei sämmtlichen Temperaturen erst gemacht, nachdem der Stand des Paraffinfadens mehrere Minuten lang constant geblieben war. Der geringste Zeitraum zwischen zwei Ablesungen betrug zehn Minuten; manche Umlagerungen erforderten mehrere Stunden. Zur gleichmässigen Erwärmung des Bakuöls wurde dieses durch eine Rührvorrichtung in beständiger Bewegung gehalten.

Im Nachstehenden sollen die Beobachtungsreihen für die untersuchten Amalgame mitgetheilt werden. $m$ bedeutet hier-

bei das Gewicht des zur Untersuchung verwendeten Amalgams, $s$ dessen thatsächliches und $s'$ das aus seinen Componenten berechnete specifische Gewicht, während $v$ das Volumen des Amalgams und $v'$ das Volumen des über ihm in der Röhre $b$ befindlichen Paraffins bedeutet.

Die erste Colonne $a$ enthält die Temperaturen, welche an einem in das Bakuöl tauchenden Thermometer beobachtet wurden, die zweite Colonne $b$ den Stand des Dilatometers, wie er an den Capillaren $C$ oder $C'$ abgelesen wurde. Während die Reihe $c$ die beobachtete Differenz zwischen dem betreffenden Temperaturintervall angibt, enthält $d$ diese für $1^0$, $e$ die Differenz, welche auf das verwendete Amalgam allein trifft, und $f$ die Ausdehnung für 10 ccm des Amalgams und $1^0$ C. ausgedrückt in cmm. Die Ausdehnung von 1 ccm Paraffin wurde = 6,61 mm der Capillare $C$ für $1^0$ C. gemessen.

## I. $Cd_2Hg_5$.

$m = 55$ g, $s = 12{,}44$, $s' = 12{,}32$, $v = 4{,}4$ ccm, $v' = 7{,}0$ ccm.

I. Erwärmung.

| $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 333 | Fünf Stunden vorher war das Amalgam geschmolzen. | | | |
| 31 | 375 | 42 | 5,2 | 0,9 | 1,19 |
| 40 | 423 | 48 | 5,3 | 1,0 | 1,36 |
| 50 | 477 | 54 | 5,4 | 1,1 | 1,49 |
| 60 | 533 | 56 | 5,6 | 1,3 | 1,77 |
| 71 | 605 | 72 | 6,6 | 2,3 | 3,13 |
| 80 | 665 | 60 | 6,7 | 2,4 | 3,26 |
| 90 | 740 | 75 | 7,5 | 3,2 | 4,35 |
| 100 | 790 | 50 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |

2. Erwärmung am nächsten Tage mit darauffolgender Abkühlung.

| $a$ | $b$ | $c$ | $d$ | $e$ | $f$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 307 | | | | |
| 86 | 709 | 402 | 6,1 | 1,8 | 2,45 |
| 90 | 738 | 29 | 7,1 | 2,8 | 3,81 |
| 95 | 763 | 25 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |
| 100 | 788 | 25 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |
| 110 | 838 | 50 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |
| 120 | 885 | 47 | 4,7 | 0,4 | 0,54 |
| 130 | 935 | 50 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |
| 145 | 1010 | 75 | 5,0 | 0,7 | 0,95 |
| 140 | 989 | | | | |
| 130 | 942 | 47 | 4,7 | 0,4 | 0,54 |
| 120 | 894 | 48 | 4,8 | 0,5 | 0,68 |
| 110 | 845 | 49 | 4,9 | 0,6 | 0,82 |
| 100 | 794 | 51 | 5,1 | 0,8 | 1,09 |
| 95 | 772 | 22 | 4,4 | 0,1 | 0,14 |
| 90 | 750 | 22 | 4,4 | 0,1 | 0,14 |
| 85 | 715 | 35 | 7,0 | 2,7 | 3,67 |
| 80 | 680 | 35 | 7,0 | 2,7 | 3,67 |
| 75 | 645 | 35 | 7,0 | 2,7 | 3,67 |
| 70 | 614 | 31 | 6,2 | 1,9 | 2,58 |
| 65 | 582 | 32 | 6,4 | 2,1 | 2,86 |
| 60 | 548 | 34 | 6,8 | 2,5 | 3,40 |
| 18 | 310 | 238 | 5,6 | 1,3 | 1,77 |

3. Erwärmung mit Benutzung der Capillare $C'$.

| $a$ | $b$ | $c$ | $d$ |
|---|---|---|---|
| 80 | 117 | | |
| 82 | 150 | 33 | 16,5 |
| 84 | 182 | 32 | 16,0 |
| 87 | 233 | 51 | 17,0 |
| 90 | 282 | 49 | 16,3 |
| 93 | 312 | 30 | 10,0 |
| 95 | 338 | 26 | 13,0 |
| 105 | 445 | 107 | 10,7 |
| 112 | 520 | 75 | 10,7 |
| 120 | 605 | 85 | 10,6 |
| 130 | 710 | 105 | 10,5 |

Dieses Amalgam zeigte vor der ersten Erwärmung mehrere Schichten von verschiedenem krystallinischen Aussehen; erwärmt war es bei 76° weich und bei 90° geschmolzen. Es dehnte sich hierbei anfangs wenig, bei steigender Temperatur immer stärker aus, bis das Thermometer 90° erreichte. Für jede Temperatur verging geraume Zeit, bis das Volumen constant wurde. Bei Temperaturen über 90° war dann die Ausdehnung abermals gering und nahezu constant, auch kam das Ende des Paraffinfadens bald zur Ruhe. Bei der Abkühlung war der Stand des Dilatometers durchwegs etwas höher als bei der Erwärmung. Der Unterschied war jedoch nicht bedeutend. Der anfängliche Stand des Dilatometers wurde aber nach der Abkühlung meistens erst nach sehr langer Zeit, öfters gar nicht mehr erreicht. Im letzteren Falle war dann das Volumen des Amalgams stets grösser als vor der Erwärmung. Die Volumenänderungen lassen weder bei der Erwärmung noch bei der Abkühlung auf einen Schmelzpunkt schliessen, deuten vielmehr ein langsames Lösen resp. allmähliches Auskrystallisiren fester Körper an. Die Schwankungen, welche die Volumenänderungen in einzelnen Temperaturintervallen erfahren, lassen auf verschiedene Modificationen von Krystallen schliessen.

Die Ausdehnung bei der Temperaturänderung von 20° bis 145° beträgt für 4,4 ccm $Cd_2Hg_5$ 101 cmm, d. h. 2,3 Proc. des Volumens.

## II. $CdHg_2$.

$m = 86$ g, $s = 12{,}49$, $s' = 12{,}2$, $v = 7$ ccm, $v' = 9$ ccm.

1. Erwärmung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 64 | | | | |
| 47 | 237 | 173 | 7,2 | 1,7 | 1,46 |
| 67 | 392 | 155 | 7,6 | 2,1 | 1,80 |
| 80 | 500 | 108 | 8,5 | 3,0 | 2,57 |
| 97 | 683 | 183 | 10,8 | 5,3 | 4,54 |
| 101 | 735 | 52 | 13,0 | 7,5 | 6,43 |
| 18 | 28 | 707 | 8,5 | 3,0 | 2,57 |

2. Erwärmung; das Amalgam war lange vorher nicht geschmolzen.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 196 | | | | |
| 31 | 288 | 92 | 6,4 | 0,9 | 0,77 |
| 42 | 367 | 79 | 7,4 | 1,9 | 1,63 |
| 55 | 460 | 93 | 7,1 | 1,6 | 1,37 |
| 67 | 566 | 106 | 8,5 | 3,0 | 2,57 |
| 83 | 703 | 137 | 8,8 | 3,3 | 2,83 |
| 92 | 793 | 90 | 10,0 | 4,5 | 3,86 |
| 57 | 500 | | | | |
| 94 | 815 | | | | |
| 86 | 752 | | | | |
| 17 | 200 (drei Tage nachher) | | | | |

3. Erwärmung mit darauffolgender Abkühlung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* | *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 202 | | | | | 160 | 1310 | 65 | 6,5 | 1,0 | 0,86 |
| 31 | 291 | 89 | 6,3 | 0,8 | 0,68 | 150 | 1245 | 65 | 6,5 | 1,0 | 0,86 |
| 39 | 348 | 57 | 7,1 | 1,6 | 1,37 | 140 | 1175 | 70 | 7,0 | 1,5 | 1,29 |
| 51 | 434 | 86 | 7,2 | 1,7 | 1,46 | 135 | 1145 | 30 | 6,0 | 0,5 | 0,43 |
| 60 | 505 | 71 | 7,9 | 2,4 | 2,06 | 131 | 1119 | 26 | 6,5 | 1,0 | 0,86 |
| 70 | 588 | 83 | 8,3 | 2,8 | 2,40 | 125 | 1080 | 39 | 6,5 | 1,0 | 0,96 |
| 80 | 678 | 90 | 9,0 | 3,5 | 3,00 | 120 | 1046 | 34 | 6,8 | 1,3 | 1,11 |
| 90 | 778 | 100 | 10,0 | 4,5 | 3,86 | 110 | 979 | 67 | 6,7 | 1,2 | 1,03 |
| 100 | 890 | 112 | 11,2 | 5,7 | 4,88 | 100 | 892 | 87 | 8,7 | 3,2 | 2,74 |
| 110 | 977 | 87 | 8,7 | 3,2 | 2,74 | 90 | 776 | 116 | 11,6 | 6,1 | 5,23 |
| 120 | 1041 | 64 | 6,4 | 0,9 | 0,77 | 80 | 692 | 84 | 8,4 | 2,9 | 2,49 |
| 131 | 1108 | 67 | 6,1 | 0,6 | 0,51 | 75 | 644 | 48 | 9,6 | 4,1 | 3,51 |
| 140 | 1175 | 67 | 7,4 | 1,9 | 1,63 | 65 | 562 | 82 | 8,2 | 2,7 | 2,31 |
| 150 | 1245 | 70 | 7,0 | 1,5 | 1,29 | 60 | 522 | 40 | 8,0 | 2,5 | 2,14 |
| 160 | 1310 | 65 | 6,5 | 1,0 | 0,86 | 55 | 482 | 40 | 8,0 | 2,5 | 2,14 |
| | | | | | | 39 | 362 | 120 | 7,5 | 2,0 | 1,71 |
| | | | | | | 18 | 196 | 166 | 7,9 | 2,4 | 2,06 |

4. Erwärmung an Capillare *C'* beobachtet.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 593 | | | 90 | 1822 | 222 | 22,2 |
| 26 | 692 | 99 | 14,1 | 93 | 1892 | 70 | 23,3 |
| 30 | 750 | 58 | 14,5 | 97 | 1980 | 88 | 22,0 |
| 42 | 920 | 170 | 14,2 | 105 | 2172 | 192 | 24,0 |
| 50 | 1060 | 140 | 17,5 | 110 | 2262 | 90 | 18,0 |
| 60 | 1235 | 175 | 17,5 | 120 | 2402 | 140 | 14,0 |
| 70 | 1405 | 170 | 17,0 | 130 | 2542 | 140 | 14,0 |
| 80 | 1600 | 195 | 19,5 | | | | |

Dieses Amalgam fängt bei 75° an weich zu werden, bei 86° ist es ein körniger Brei und bei 105° vollständig dünnflüssig. Auch hier nimmt die Ausdehnung mit wachsender Temperatur zu. Die stärkere Ausdehnung beginnt später als bei $Cd_2Hg_5$, ist aber zwischen den Temperaturen 75° bis 105° für 1° bedeutender als bei ersterem Amalgam; von da an bleibt sie ziemlich constant, zeigt aber noch einige Schwankungen. Bei der Abkühlung wird, solange das Amalgam geschmolzen ist, der gleiche Stand des Dilatometers erreicht wie beim Erwärmen; derselbe bleibt aber gleichfalls zurück und zwar bedeutender als bei $Cd_2Hg_5$, sobald die Erstarrung eintritt. Das Amalgam zieht sich am stärksten zwischen 100° und 90° und zwischen 80° und 75° zusammen, während für alle übrigen Temperaturen die Contraction nahezu constant ist. Auch hier erreicht das Amalgam nach der Abkühlung nicht mehr sein

ursprüngliches Volumen; nach der dritten Erwärmung war dasselbe bei 18° sogar kleiner als vorher bei 17°.

Die Ausdehnung bei der Temperatursteigerung von 20° bis 145° beträgt für 7 ccm $CdHg_2$ 182 cmm, d. i. 2,7 Proc. des Volumens.

## III. CdHg.

$m = 31$ g, $s = 11{,}367$, $s' = 11{,}345$, $v = 2{,}73$ ccm, $v' = 9{,}0$ ccm.
Dieses Amalgam war vor der ersten Erwärmung lange nicht geschmolzen.

1. Erwärmung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 308 | | | | |
| 32 | 383 | 75 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 40 | 429 | 46 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 50 | 487 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 60 | 545 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 70 | 602 | 57 | 5,7 | 0,3 | 0,66 |
| 80 | 660 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 90 | 718 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 100 | 776 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 110 | 835 | 59 | 5,9 | 0,5 | 1,10 |
| 120 | 904 | 69 | 6,9 | 1,5 | 3,30 |
| 125 | 938 | 34 | 6,8 | 1,4 | 3,08 |
| 19 | 281 | 657 | 6,2 | 0,7 | 1,54 |

2. Erwärmung tags darauf.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 19 | 308 | | | | |
| 52 | 502 | 194 | 5,9 | 0,4 | 0,88 |
| 60 | 550 | 48 | 6,0 | 0,5 | 1,10 |
| 70 | 602 | 52 | 5,2 | −0,3 | −0,66 |
| 80 | 662 | 60 | 6,0 | 0,5 | 1,10 |
| 90 | 722 | 60 | 6,0 | 0,5 | 1,10 |
| 100 | 782 | 60 | 6,0 | 0,5 | 1,10 |
| 110 | 845 | 63 | 6,3 | 0,9 | 1,98 |
| 120 | 915 | 70 | 7,0 | 1,6 | 3,52 |
| 125 | 949 | 34 | 6,8 | 1,4 | 3,08 |
| 130 | 992 | 43 | 8,6 | 3,2 | 7,04 |
| 135 | 1035 | 43 | 8,6 | 3,2 | 7,04 |
| 140 | 1079 | 44 | 8,8 | 3,5 | 7,70 |
| 145 | 1113 | 34 | 6,8 | 1,3 | 3,30 |
| 155 | 1170 | 57 | 5,7 | 0,4 | 0,88 |
| 19 | 265 | | | | |

3. Abkühlung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 155 | 1170 | | | | |
| 150 | 1150 | 20 | 4,0 | −1,2 | −2,64 |
| 145 | 1122 | 28 | 5,6 | 0,3 | 0,66 |
| 140 | 1083 | 61 | 12,2 | 6,9 | **15,18** |
| 135 | 1037 | 46 | 9,2 | 3,9 | 8,58 |
| 130 | 992 | 45 | 9,0 | 3,7 | 8,14 |
| 125 | 947 | 45 | 9,0 | 3,7 | 8,14 |
| 120 | 904 | 43 | 8,6 | 3,2 | 7,04 |
| 115 | 870 | 34 | 6,8 | 1,4 | 3,08 |
| 110 | 837 | 33 | 6,6 | 1,2 | 2,64 |
| 105 | 803 | 34 | 6,8 | 1,4 | 3,08 |
| 100 | 771 | 32 | 6,4 | 1,0 | 2,20 |
| 90 | 709 | 62 | 6,2 | 0,7 | 1,54 |
| 80 | 644 | 65 | 6,5 | 1,0 | 2,20 |
| 70 | 584 | 60 | 6,0 | 0,5 | 1,10 |
| 60 | 526 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 50 | 468 | 58 | 5,8 | 0,3 | 0,66 |
| 20 | 278 | 190 | 6,3 | 0,8 | 1,76 |

Dieses Amalgam, bei 120° noch hart, begann bei 130° zu erweichen und war bei 140° geschmolzen. Das Schmelzen begann also bei den drei Cd-Amalgamen um so später, je ärmer an Quecksilber sie waren.

Die Ausdehnung war hier bis zu 100° fast constant und geringer als bei den quecksilberreicheren Amalgamen, von da an wächst sie aber bis 140° viel stärker, als bei den vorhergehenden Amalgamen.

Bei der zweiten Erwärmung ist der Stand des Dilatometers stets ein wenig höher als bei der ersten. Bei der Abkühlung zeigt jedoch dieses Amalgam durchgehends wie das vorhergehende Amalgam nach der hochgradigen dritten Erwärmung bei 18°, schon von 130° an bei gleichen Temperaturen ein kleineres Volumen als bei der Erhitzung. Die Contraction ist sehr bedeutend gewesen zwischen 145° und 140° und bedingte für alle Temperaturen während der ganzen Abkühlung ein kleineres Volumen. Es kann dies nur durch die Annahme erklärt werden, dass sich bei der Abkühlung zuerst, also bei höherer Temperatur, eine labile Modification bildet, welche ein kleineres Volumen einnimmt als die bei gewöhnlicher Temperatur sich bildende stabile Modification. Die Ausdehnung bei der Erwärmung von 20° bis 145° beträgt für 2,73 ccm 68 cmm, d. i. 2,5 Proc. des Volumens.

IV. Ein quecksilberreicheres Kupferamalgam, 13,4 procentig, welches erstarrt eine bröckelige Masse war.

$m = 134$ g, anfangs $s = 12{,}653$ ($s' = 12{,}37$), erstarrt $s = 12{,}90$, $v = 10{,}4$ ccm, $v' = 4{,}8$ ccm.

Dieses Amalgam wurde erst auf 158° erhitzt, wobei das Dilatometer 995 zeigte; nach seiner Abkühlung hatte es bei 19° erst den Stand 365, 24 Stunden später 68; auf diesem Volumen hielt sich das Amalgam auch nach 14 Tagen noch. Zwei Monate später stund der Oelfaden auf −6. Es hatte sich also das Amalgam in diesem letzten Zeitraume zusammengezogen um 74 mm = 44 cmm, d. i. 4 Prom. seines Volumens.

1. Beobachtung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 3 | | | | |
| 25 | 35 | 32 | 4,0 | 1,0 | 0,58 |
| 35 | 90 | 55 | 5,5 | 2,5 | 1,45 |
| 50 | 162 | 72 | 4,8 | 1,8 | 1,04 |
| 60 | 210 | 48 | 4,8 | 1,8 | 1,04 |
| 70 | 258 | 48 | 4,8 | 1,8 | 1,04 |
| 80 | 306 | 48 | 4,8 | 1,8 | 1,04 |
| 90 | 358 | 52 | 5,2 | 2,2 | 1,28 |
| 100 | 410 | 52 | 5,2 | 2,3 | 1,33 |
| 110 | 495 | 85 | 8,5 | 5,6 | 3,25 |
| 120 | 665 | 170 | 17,0 | 14,1 | 8,18 |

2. Beobachtung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 154 | 965 | | | | |
| 142 | 900 | 65 | 5,4 | 2,6 | 1,51 |
| 128 | 820 | 80 | 5,7 | 2,8 | 1,62 |
| 120 | 774 | 46 | 5,7 | 2,8 | 1,62 |
| 110 | 710 | 64 | 6,4 | 3,5 | 2,03 |
| 100 | 635 | 75 | 7,5 | 4,6 | 2,67 |
| 90 | 583 | 52 | 5,2 | 2,2 | 1,28 |
| 80 | 531 | 52 | 5,2 | 2,2 | 1,28 |
| 70 | 480 | 51 | 5,1 | 2,1 | 1,22 |
| 60 | 432 | 48 | 4,8 | 1,8 | 1,04 |
| 50 | 365 | 67 | 6,7 | 3,7 | 2,15 |
| 12 St. später: | | | | | |
| 16 | −20 | | | | |

3. Beobachtung.

| | *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 16 | 20 | | | | |
| | 90 | 300 | 320 | 4,3 | 1,3 | 0,75 |
| | 100 | 362 | 62 | 6,2 | 3,2 | 1,86 |
| | 105 | 454 | 92 | 18,4 | 15,5 | 8,99 |
| | 114 | 650 | 196 | 21,8 | 18,9 | 10,96 |
| | 120 | 752 | 102 | 17,0 | 14,1 | 8,18 |
| | 124 | 780 | 28 | 7,0 | 4,1 | 2,38 |
| | 131 | 820 | 40 | 5,7 | 2,8 | 1,62 |
| | 140 | 865 | 45 | 5,0 | 2,2 | 1,28 |
| | 145 | 895 | 30 | 6,0 | 3,2 | 1,85 |
| | 155 | 955 | 60 | 6,0 | 3,2 | 1,85 |
| 12 St. später | 15 | 210 | | | | |
| 4 Tage später | 15 | −80; 8 Tage später desgleichen. | | | | |

Beim ersten Versuche dehnte sich das Amalgam anfangs gleichmässig aus; bei 100° wurde sie stärker, das eigentliche Schmelzen mit bedeutender Volumenausdehnung begann jedoch erst bei 110; bei wiederholter Erwärmung aber schon von 100° an und war bei 120° beendigt.

Bei der Abkühlung ist keine Temperatur durch eine besonders starke Contraction ausgezeichnet. Letztere findet zwar zwischen 120° und 100° in etwas erhöhtem Grade statt, vertheilt sich aber im ganzen ziemlich gleichmässig auf alle Temperaturen.

Das Endvolumen war nach jeder späteren Abkühlung etwas kleiner als vorher. Die Ausdehnung zwischen 17° und 155° beträgt 544 Theilstriche, d. i. 0,326 ccm oder 3,1 Proc. des Volumens.

## V. CuHg.

Erhärtet sehr rasch und hatte erstarrt das spec. Gew. 12,655, $s' = 12{,}0$.
$m = 82$ g, $v = 6{,}48$ ccm, $v' = 4{,}55$ ccm.

1. Erwärmung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 2 | | | | |
| 27 | 38 | 36 | 4,0 | 1,2 | 1,08 |
| 40 | 100 | 62 | 4,8 | 2,0 | 1,80 |
| 50 | 150 | 50 | 5,0 | 2,2 | 1,98 |
| 60 | 200 | 50 | 5,0 | 2,2 | 1,98 |
| 70 | 248 | 48 | 4,8 | 2,0 | 1,80 |
| 80 | 294 | 46 | 4,6 | 1,9 | 1,71 |
| 90 | 346 | 52 | 5,2 | 2,5 | 2,25 |
| 100 | 405 | 59 | 5,9 | 3,2 | 2,88 |
| 110 | 500 | 95 | 9,5 | 6,8 | 6,12 |

2. Erwärmung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 17 | 139 | | | | |
| 30 | 203 | 64 | 4,9 | 2,1 | 1,89 |
| 50 | 305 | 102 | 5,0 | 2,2 | 1,98 |
| 70 | 407 | 102 | 5,1 | 2,3 | 2,07 |
| 80 | 460 | 53 | 5,3 | 2,5 | 2,25 |
| 90 | 516 | 56 | 5,6 | 2,9 | 2,61 |
| 100 | 578 | 62 | 6,2 | 3,5 | 3,15 |
| 110 | 651 | 73 | 7,3 | 4,6 | 4,14 |
| | nach $^3/_4$ Stunden: | | | | |
| 120 | 1028 | 377 | 37,7 | 35,0 | **31,50** |
| 130 | 1098 | 70 | 7,0 | 4,4 | 3,96 |
| 140 | 1164 | 66 | 6,6 | 4,0 | 3,60 |
| 150 | 1228 | 64 | 6,4 | 3,8 | 3,42 |
| 160 | 1294 | 66 | 6,6 | 4,1 | 3,69 |

3. Erwärmung und Abkühlung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| 21 | 25 | | | | |
| 30,6 | 73 | 48 | 5,1 | 2,3 | 2,07 |
| 42 | 130 | 57 | 5,5 | 2,5 | 2,25 |
| 57 | 172 | 42 | 4,7 | 1,9 | 1,71 |
| 60 | 208 | 36 | 4,0 | 1,8 | 1,82 |
| 74 | 290 | 82 | 5,8 | 3,0 | 2,70 |
| 2 Tagen später nach rascher Erwärmung: | | | | | |
| 19 | —3 | | | | |
| 74 | 290 | | | | |
| 80 | 325 | 35 | 5,8 | 3,0 | 2,70 |
| 90 | 380 | 55 | 5,5 | 2,8 | 2,52 |
| 100 | 445 | 65 | 6,5 | 3,8 | 3,42 |

| *a* | *b* | *c* | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|---|---|
| nach $1^1/_2$ Stunden: | | | | | |
| 110 | 817 | 372 | 27,2 | 34,5 | 31,05 |
| 120 | 910 | 93 | 9,3 | 8,6 | 7,74 |
| 124 | 940 | 30 | 7,5 | 4,9 | 4,41 |
| 121 | 930 | 10 | 3,3 | 0,7 | 0,63 |
| 115 | 895 | 35 | 5,8 | 3,2 | 2,88 |
| 105 | 824 | 70 | 7,0 | 4,3 | 3,87 |
| 100 | 785 | 39 | 7,8 | 5,1 | 4,59 |
| nach 2 Stunden: | | | | | |
| 86 | 709 | 76 | 5,4 | 2,6 | 2,34 |
| nach 12 Stunden: | | | | | |
| 19 | 30 | | | | |
| und nach weiteren 12 Stunden: | | | | | |
| 19 | 13 | | | | |

Das Amalgam dehnt sich schon bei niedrigeren Temperaturen stärker aus, als das vorige Amalgam und schmilzt bei der ersten Erwärmung zwischen 110° und 120° mit sehr starker Volumenvergrösserung. Bei späteren Erwärmungen ist die Volumenausdehnung bei niedrigen Temperaturen etwas grösser und die Aggregatsänderung tritt schon früher zwischen 105° und 150° mit ebenso grosser Ausdehnung ein. Bei der Abkühlung findet die Erstarrung sehr allmählich statt, anfangs mit geringer, später mit stärkerer Volumenänderung.

Die Ausdehnung zwischen 17° und 150° beträgt 720 Theilstriche = 0,432 ccm, d. i. 6,6 Proc. des Volumens.

## VI. Platinamalgam 7,9procentiges.

$m = 50$ g, $s = 12{,}179$, $s' = 13{,}99$, $v = 4{,}1$ ccm, $v' = 8{,}4$ ccm.

1. Erwärmung.

| *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|
| 18 | —8 | | |
| 33 | 67 | 75 | 5,0 |
| 40 | 102 | 35 | 5,0 |
| 50 | 152 | 50 | 5,0 |
| 61 | 205 | 53 | 4,8 |
| 70 | 255 | 50 | 5,6 |
| 80 | 310 | 55 | 5,5 |
| 90 | 363 | 53 | 5,3 |
| 100 | 420 | 57 | 5,7 |
| 110 | 480 | 60 | 6,0 |
| 120 | 540 | 60 | 6,0 |
| 130 | 607 | 67 | 6,7 |
| 140 | 688 | 81 | 8,1 |
| 150 | 766 | 78 | 7,8 |
| 160 | 860 | 94 | 9,4 |
| 170 | 975 | 115 | 11,5 |
| tags darauf: | | | |
| 18 | 19 | | |

2. Erwärmung und Abkühlung.

| *a* | *b* | *c* | *d* | *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 19 | | | 150 | 825 | 100 | 10,0 |
| 24 | 46 | 27 | 4,5 | 140 | 738 | 87 | 8,7 |
| 31 | 80 | 34 | 4,9 | 130 | 665 | 73 | 7,3 |
| 46 | 155 | 75 | 5,0 | 112 | 548 | 117 | 6,5 |
| 53,5 | 192 | 37 | 5,0 | 101 | 481 | 67 | 6,1 |
| 74 | 298 | 106 | 5,0 | 85 | 394 | 87 | 5,4 |
| 90 | 378 | 80 | 5,0 | 55 | 245 | 149 | 5,0 |
| 174 | 1047 | | | 38 | 155 | 90 | 5,3 |
| 170 | 1021 | 26 | 6,5 | 18 | 50 | 105 | 5,3 |
| 160 | 925 | 96 | 9,6 | | | | |

Bei der späteren Erwärmung hatte das Amalgam grössere Volumina als bei der ersten; ein Zeichen, dass die bei der Erwärmung gelösten Krystalle sich nur sehr langsam wieder bilden. Auch während und nach der Abkühlung nimmt es für jede Temperatur ein grösseres Volumen ein, als es bei der Erwärmung hierfür hatte.

## VII. PbHg.

$m = 72$ g, $s = 12{,}5$, $v = 5{,}7$ ccm, $v' = 8{,}5$ ccm.

1. Erwärmung

| *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|
| 19 | 86 | | |
| 26 | 122 | 36 | 5,1 |
| 35 | 172 | 59 | 5,5 |
| 45,5 | 230 | 58 | 5,5 |
| 53 | 272 | 42 | 5,6 |
| 65 | 337 | 65 | 5,4 |
| 78,5 | 411 | 74 | 5,5 |
| 92 | 485 | 74 | 5,5 |
| 104 | 552 | 67 | 5,6 |
| 115 | 617 | 65 | 5,9 |
| 120 | 649 | 32 | 6,4 |
| 130 | 715 | 66 | 6,6 |
| 2 Tage nachher: | | | |
| 13 | 48 | | |

2. Erwärmung und Abkühlung.

| *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|
| 14 | 71 | | |
| 19 | 99 | | |
| 65 | 356 | | |
| 79 | 432 | 76 | 5,4 |
| 90 | 492 | 60 | 5,5 |
| 104 | 569 | 77 | 5,5 |
| 115 | 635 | 66 | 6,0 |
| 120 | 666 | 31 | 6,2 |
| 130 | 728 | 62 | 6,2 |
| 142 | 805 | 77 | 6,4 |
| 153 | 875 | 70 | 6,4 |
| 142 | 820 | 55 | 5,0 |
| 125 | 718 | 102 | 6,0 |
| 120 | 685 | 33 | 6,6 |
| 115 | 654 | 31 | 6,2 |
| 109 | 610 | 44 | 7,3 |
| 104 | 580 | 30 | 6,0 |
| 100 | 560 | 20 | 5,0 |
| 90 | 507 | 53 | 5,3 |
| 14 | 94 | | |

3. Erwärmung an Cap. $C'$ beobachtet.

| *a* | *b* | *c* | *d* |
|---|---|---|---|
| 25 | 0 | | |
| 40 | 136 | 136 | 9,0 |
| 47,5 | 216 | 80 | 10,7 |
| 55 | 300 | 84 | 11,2 |
| 61,5 | 370 | 70 | 10,7 |
| 69 | 456 | 86 | 11,4 |
| 77 | 552 | 96 | 12,0 |
| 85 | 640 | 88 | 11,0 |
| 92 | 718 | 78 | 11,1 |
| 101 | 818 | 100 | 11,1 |
| 109 | 903 | 85 | 10,6 |
| 118 | 1013 | 110 | 12,2 |
| 126 | 1158 | 145 | 18,1 |
| 134 | 1268 | 110 | 13,8 |
| 142 | 1378 | 110 | 13,8 |
| nach 4 Tagen: | | | |
| 16 | 56 | | |

Dieses Amalgam zeigt keine bedeutenden Unterschiede der Ausdehnung in verschiedenen Temperaturintervallen. Bei der zweiten Erwärmung hat es durchwegs ein etwas grösseres Vo-

lumen als bei der ersten Erwärmung. Nach der Abkühlung nimmt das Amalgam nicht mehr das frühere, sondern ein grösseres Volumen ein. Während das Amalgam kurz nach seiner Bildung bei 130° geschmolzen war, zeigte es sich nach mehreren Wochen bei der ersten Erwärmung bei 140° noch vollständig fest. Erst bei 145° trieb es flüssiges Amalgam aus und bei 150° lösten sich die nadelförmigen Krystalle allmählich. Es hat sich also im Verlaufe der Zeit eine Modification mit höherem Schmelzpunkte gebildet.

Diese dilatometrischen Versuche lassen erkennen, dass die Amalgame bei ihrer Abkühlung, sowie bei ihrer bald darauffolgenden Wiedererwärmung in der Regel ein grösseres Volumen einnehmen, als bei ihrer ersten Erwärmung. Bei einer späteren Erwärmung tritt die mit grosser Volumenausdehnung erfolgende Schmelzung schon bei niedrigerer Temperatur ein, wenn dieselbe bald nach der vorausgegangenen Erwärmung erfolgt; bleibt aber vor der Erwärmung das Amalgam lange Zeit sich ruhig überlassen, so liegt der Haupterweichungspunkt im Gegentheil erst bei höheren Temperaturen. Ein eigentlicher Schmelzungs- oder Erstarrungspunkt existirt für die Amalgame nicht, vielmehr lassen die Beobachtungsresultate ein allmähliches Lösen und noch langsameres Erstarren derselben erkennen.

Diese Thatsachen lassen sich aus dem im I. Abschnitte erörterten Verhalten der Amalgame vollkommen erklären. Bei einer Temperaturerhöhung gehen die Krystalle unter Volumenvergrösserung allmählich in Lösung über und bei der darauffolgenden Abkühlung und Wiedererwärmung ist die Rückbildung der Krystalle bei einer bestimmten Temperatur noch nicht so weit vorgeschritten, dass das Amalgam schon wieder das gleiche Volumen einnehmen könnte, als vorher. Die Rückbildung schreitet aber um so mehr vor, je länger das Amalgam sich ruhig überlassen bleibt, und je weiter der Krystallisationsprocess bei ihnen fortgeschritten ist, einer um so höheren Temperatur bedürfen die Krystalle zur Lösung.

Hiermit stehen auch die Beobachtungen vollkommen im Einklange, welche Grimaldi[1]) an Natriumamalgamen ge-

1) Grimaldi, Beibl. 12. p. 60. 1888.

macht hat. Nach ihm haben flüssige Natriumamalgame, welche durch directe Verbindung beider Metalle entstehen, grösseren electrischen Leitungswiderstand als Quecksilber, natriumreichere feste Amalgame haben dagegen einen geringeren Widerstand als dieses; indess ist der Widerstand beim Erwärmen der Amalgame von 0° nach der Wiederabkühlung permanent grösser, um so mehr, je höher das Amalgam erwärmt wurde. Diese Amalgame werden flüssig, wenn man sie schüttelt oder umrührt, ohne sie zu erwärmen. Eine verticale Röhre weist nach längerem Erwärmen im oberen Theile ein natriumreicheres Amalgam auf, als im unteren. Zwei Amalgame, welche dieselbe Quantität Natrium enthalten, haben merklich verschiedenen Widerstand, je nachdem sie durch directe Verbindung der Componenten oder durch Auflösen von krystallisirtem Natriumamalgam in Quecksilber erhalten wurden.

Diese Erscheinungen sind sicherlich die Folge der verschiedenen Krystallisationszustände. Durch Schütteln werden die Krystallkeime zerstört und das Amalgam deshalb flüssig. Das flüssige Amalgam hat einen grösseren Widerstand als die Krystalle, und nach einer Wiederabkühlung existiren bei einer bestimmten Temperatur um so weniger Krystalle, je mehr sie durch vorhergehende Erhitzung zerstört wurden, auf eine je höhere Temperatur das Amalgam vorher erwärmt wurde.

Zu Resultaten, welche mit den Grimaldi'schen vollkommen übereinstimmen, gelangte auch C. L. Weber[1]) bei der Untersuchung des electrischen Leitungswiderstandes von Zinnamalgamen.

Nach ihm zeigen diejenigen Amalgame, welche bloss einen sehr geringen Zusatz an Zinn enthalten, einen durchaus regelmässigen Gang mit einem regelmässigen Temperaturcoëfficienten. Aber schon sehr bald machen sich, wenn die Menge des Zinns zunimmt, Unregelmässigkeiten geltend, im allgemeinen immer dann, wenn sich in dem Amalgam eine Trennung zeigt in einen flüssigen Theil, der weniger, und einen festen, der mehr Zinn enthält. Dieses Auskrystallisiren eines an festem Metall reicheren Amalgams, welches bei Zinn schon bei 1,5 Proc. Zinn auftritt, hat zunächst zur Folge, dass solche

1) C. L. Weber, Wied. Ann. 23. p. 447. 1884.

Legirungen nach dem Erwärmen nicht mehr die alte Leitungsfähigkeit annehmen. In der Regel ist der Widerstand nach dem Erwärmen grösser als er vorher war. Aber auch die Art und Weise, wie man abkühlt, ist von grossem Einfluss. Lässt man die Temperatur langsam gleichmässig sinken, so ist es häufig möglich, nahe an den alten Werth heranzukommen; kühlt man rasch ab, so bleibt der Widerstand auf einem höheren Werthe stehen und zeigt oft erst nach einigen Tagen das Bestreben, in den alten Zustand zurückzukommen. Eine wiederholte Erwärmung eines zinnreicheren Amalgams zeigt bei späterer Erwärmung durchgehends grössere Widerstände, als bei der ersten Erwärmung. Während bei der ersten Erwärmung der Widerstand anfangs bei steigender Temperatur sich nur wenig ändert, bis er dann bei ungefähr 80° C. plötzlich steigt und erst bei höherer Temperatur (94°) wieder einen constanten Werth annimmt, beginnt die Zunahme des Widerstandes bei späteren Erwärmungen schon bei niedrigeren Temperaturen und das Anwachsen zum höchsten Betrag geht mehr allmählich vor sich.

Diese Werthe der Widerstände befolgen genau denselben Gang, wie die Volumenwerthe der von mir untersuchten Amalgame bei gleicher Behandlung, und ohne Zweifel liegt diesen Erscheinungen die gleiche Ursache zu Grunde, nämlich die Aenderung in der Structur der Amalgame.

Auch Weber's Untersuchungen[1]) über die thermoelectrische Kraft von Zinnamalgamen gegen Kupfer stehen hiermit im Einklange. Es zeigten hierbei die concentrirteren Amalgame Unregelmässigkeiten, während die weniger concentrirten sich dem Gesetze des Avenarius noch anschliessen. Auch ein und dasselbe Präparat verhielt sich bei wiederholten Untersuchungen verschieden.

Zeigen nun die Beobachtungsresultate ausser den erwähnten Erscheinungen noch, dass die Ausdehnung eines Amalgams bei einer Erwärmung bis zu einer gewissen Temperatur stark zunimmt und nach Ueberschreitung dieser Temperatur bedeutend geringer wird, so lassen sie zugleich erkennen, dass dieser Gang stets noch von kleineren Schwankungen begleitet

1) Weber, Wied. Ann. 23. p. 460. 1884.

ist, welche auf mehrfache Umwandlungen des Amalgams hindeuten. Diese Schwankungen treten bei Wiederholungen der Abkühlungen wie der Erwärmungen stets hervor, aber nicht immer bei derselben Temperatur und nicht immer in gleicher Stärke. Auch das Endvolumen des Amalgams ergab sich nach einer Erwärmung und einer Abkühlung nur selten als das gleiche; es zeigte sich auch nach gleichen Abkühlungszeiten bald grösser bald kleiner als vorher.

Hält man nun damit die mehrmals erwähnte Beobachtung zusammen, dass ein Amalgam während und kurz nach seiner Erstarrung mehrere Schichten verschiedener Krystallformen zeigt, welche nach und nach eine einheitliche Form annehmen, so wird man zu der Annahme gedrängt, dass feste Amalgame aus verschiedenen Krystallmodificationen bestehen, welche bei einer bestimmten Temperatur theils labil theils stabil sind und von denen die ersteren sich je nach den gegebenen Umständen in grösserer oder kleinerer Zahl in letztere umwandeln.

Eine genauere Einsicht in dieses enantiotrope Verhalten, wie es Lehmann in seiner Molecularphysik[1]) von so vielen Körpern schildert, wird sich nur durch eine mikroskopische Untersuchung der Amalgame gewinnen lassen.

Bamberg, Laboratorium der K. Realschule, Nov. 1890.

---

1) Lehmann, Molec. Phys. 1. p. 153. 1888.